VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 162
PUBLICATIONS OF THE FINNISH STATE AGRICULTURAL RESEARCH BOARD No. 162

TOMAATINTAIMIEN FOSFORIN- JA TYPENTARPEESTA

J. E. HÅRDH

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
PUUTARHANTUTKIMUSLAITOS, PIIKKIÖ

SUMMARY:

ON THE PHOSPHORUS AND NITROGEN REQUIREMENTS OF YOUNG TOMATO PLANTS

HELSINKI 1957

VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 162
PUBLICATIONS OF THE FINNISH STATE AGRICULTURAL RESEARCH BOARD No. 162

TOMAATINTAIMIEN FOSFORIN- JA TYPENTARPEESTA

J. E. HÅRDH

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
PUUTARHANTUTKIMUSLAITOS, PIIKKIÖ

SUMMARY:

ON THE PHOSPHORUS AND NITROGEN REQUIREMENTS OF YOUNG TOMATO PLANTS

HELSINKI 1957

Saapunut 7. 9. 1957

Helsinki 1957. Valtioneuvoston kirjapaino

Tomaatin ravinnontarve on erilainen kasvin eri kehitysvaiheissa. Nuorelle taimelle on mm. STOTTERin (1949) mukaan soveliain typen, fosforin ja kalin määrien suhde 1 : 1 : 2, kun se kukinnan aikana sekä hedelmien muodostuessa on 9 : 3 : 4. Kasvin taimiasteella on siten fosforin tarve likipitäen yhtä suuri kuin muiden ravinteiden, kun sen sijaan myöhäisellä asteella kasvi ottaa suhteellisesti enemmän typpeä ja kalia. Fosfaattien liukenemisen hitauden vuoksi on OWENin (1950) mukaan eduksi antaa fosforilannoitus ennen istutusta, minkä lisäksi kasveille on hyötyä runsaastikin fosforia sisältävässä maassa vielä istutuksen yhteydessä annetusta fosfaattiliuoksesta. Fosfori kerääntyy kasvissa sellaisiin osiin, joissa on kasvusolukkoa, ennen kaikkea juuriin sekä varren kärkiosiin, mistä syystä fosforilla on merkitystä nuorille taimille mm. juuriston kehitystä edistävänä ravinteena. Istutuksen yhteydessä annetun fosforin vaikutus ilmeneekin VAN DER KLOESin (1953) mukaan selvimmin kukinnan aikaisuutena sekä hedelmien nopeana kypsymisenä. Samoin fosforin ja typen määrien suhde vaikuttaa ratkaisevasti sadon aikaisuuteen.

Koska kasvien nopea alkukehitys sekä sadon aikainen kypsyminen ovat oloissamme tomaatinviljelyn kannattavuuden yhtenä edellytyksenä, ryhdyttiin Puutarhantutkimuslaitoksella v. 1956 selvittämään tomaatintaimien ravinteidenottoa erilaisten kasvuolosuhteiden vallitessa.

Typen, fosforin ja kalin suhde

Kasvien ravinnonotto riippuu usein ratkaisevasti eri ravinteiden keskinäisestä suhteesta. VAN DER KLOES (l. c.) tutki, kuinka typpilannoitus vaikuttaa tomaatin satoon fosfaatti- ja kalilannoituksen muuttuessa ja totesi, että nousevin typpimäärin ei saada sadonlisäystä, jos maassa on runsaasti fosforia. Jos kasvit sen sijaan saavat niukasti fosforia, on typen vaikutus selvästi havaittavissa. Myös fosforinotto riippuu muiden maassa olevien ravinteiden, mm. kalin ja magnesiumin määrästä (JOHANNESSON 1951, COWIE 1949).

Kun tomaatin taimien alkukehitys näyttää toisinaan riippuvan, kuten mainittiin, saatavilla olevan fosforin määrästä, tutkittiin aluksi kasvien

fosforinottoa eri tavoin lannoitetussa maassa. Kokeet, joista ensimmäinen järjestettiin kirjoittajan toimesta Hollannissa lasinalaisen vihannes- ja hedelmänviljelyn koeasemalla (Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas) Naaldwijkissa ja muut Puutarhantutkimuslaitoksella Piikkiössä, suoritettiin fosfori-isotooppia P^{32} käyttäen.

Menetelmät. Ensimmäisessä kokeessa kohotettiin sekä koulinta- että istutusmullan N- ja K-pitoisuutta lisäämällä multaan taulukon 1 osoittamat

Taulukko 1. Aineenlisäykset tomaatintaimien fosforinottoa koskevassa kokeessa Naaldwijkissa v. 1957.

Table 1. Salt additions in the test on phosphorus uptake of tomato plants at Naaldwijk in 1957.

Koejäsen *Treatment*	Koulintamulta g/10 kg *Pricking out soil g./10 kg.*				Istutusmulta g/10 kg *Potting soil g./10 kg.*		
	K_2SO_4	$Ca(H_2PO_4)_2$	NH_4NO_3	KNO_3	K_2SO_4	NH_4NO_3	P_2O_5[1]
1	6.2	3.8	9.1	0	6.2	0	4.1
2	6.2	3.8	18.2	0	6.2	18.2	4.1
3	6.2	3.8	27.3	0	6.2	36.4	4.1
4	0	3.8	0	7.2	0	9.1	4.1
5	6.2	3.8	0	7.2	12.4	9.1	4.1
6	12.4	3.8	0	7.2	24.8	9.1	4.1
7	12.4	3.8	0	7.2	24.8	36.4	4.1

[1]) Lukuun sisältyy myös annettu P^{32}. — *Including the amount of P^{32}.*

määrät aineita K_2SO_4, Ca $(H_2PO_4)_2$, NH_4NO_3 ja KNO_3. Kullakin tavalla lannoitetussa koejäsenessä oli 6 keinovalossa sekä 6 päivänvalossa kasvatettua Ailsa Craig-tomaatin tainta ja koejäseniä kaikkiaan 14. Kylvö tapahtui 17. 12. 1956 kylvölaatikkoihin. Heti taimistumisen jälkeen ryhdyttiin osalle taimia antamaan keinovaloa 16 tuntia vuorokaudessa (klo 1.00—17.00) Atlas 80 w-loisteputkilla. Valaisimet olivat 50 cm:n korkeudella mullan pinnasta 45 cm:n päässä toisistaan, ja valaisuteho oli 120 w/m². Kasvihuoneen ilman lämpötila kokeen aikana oli 15—18 °C. Taimet koulittiin kolmiviikkoisina ja istutettiin 4″:n ruukkuihin 1. 2. 1957, jolloin myös radiofosfori sekoitettiin istutusmultaan. Kullekin kasville annettiin P^{32}:lla merkittyä $NH_4H_2PO_4$:ää 0.2 mC:tä vastaava annos, johon oli sekoitettu 1 g/mC P_2O_5:tä kantajana (carrier). Valmiste hankittiin N. V. Philips-Roxanen isotooppilaboratoriosta Hollannista.[1]) Kasvien ottaman P^{32}:n määrä tutkittiin neljästi kahden viikon aikana Philipsin geiger-putkea sekä laskijalaitteita PW 4 020 ja GM 4 810 käyttäen. Laskijaputken

[1]) Radioaktiivisen materiaalin hankinta ensimmäistä koetta varten sekä työskentely Hollannissa tapahtuivat FAO:n myöntämän tutkijastipendin turvin. Seuraavia kokeita varten tarvittavat välineet ja aineet hankittiin Valtion luonnontieteellisen toimikunnan tarkoitukseen myöntämällä apurahalla.

ikkuna oli 31.7 mm^2 ja sen kiillelevyn vahvuus 1.6 mg/cm^2. Jokaisesta koekasvista mitattiin erikseen kunkin lehden säteilyn voimakkuus. Koska kaikki aktiivisuuden mittaukset suoritettiin samanlaisissa olosuhteissa ja koska tomaatinlehtien rakenne ja paksuus ovat likipitäen yhtäläiset, suhtautuvat eri koejäseniin kuuluvien kasvien ottaman fosforin määrät toisiinsa kuten samana laskentapäivänä saadut lukemat (pulssia/min.).

Taulukko 2. Mullan ravinnepitoisuus sekä tomaatintaimien ottaman P^{32}:n määrä pulsseina minuutissa.

Table 2. Soil analysis and the P^{32}-uptake of tomato plants expressed as counts per minute.

Koejäsen *Treatment*	Ravinteiden määrä mg/100 g k.a. *Nutrient content mg./100 g. dry weight*					Keinovaloa saaneet *Illuminated plants*				Ilman keinovaloa kasvaneet *Non-illuminated plants*			
	Koulintamulta *Pricking out soil*			Istutusmulta *Potting soil*									
	N	P	K	N	K	4/2	7/2	11/2	14/2	4/2	7/2	11/2	14—15/2
1	2.4	13.4	16.1	15.9	31.8	30	19	163	462	63	140	248	596
2	6.2	13.2	16.1	28.6	26.4	23	25	319	816	52	45	141	414
3	8.8	13.8	16.0	38.8	27.7	40	43	406	693	28	79	153	424
4	6.6	11.9	16.8	25.2	13.8	146	172	290	796	35	119	245	725
5	6.6	12.3	23.6	24.0	21.3	128	94	495	814	30	132	217	589
6	6.5	12.4	26.4	24.8	30.4	228	166	391	598	54	101	105	298
7	6.5	12.4	26.4	51.5	40.0	164	72	220	614	25	73	79	324

Tulokset. Koska fosfori kerääntyy suurimmaksi osaksi kasvin ylimpiin lehtiin, esitetään taulukossa 2 vain niistä saadut lukemat. Siten keinovaloa saaneiden kasvien kohdalla luvut merkitsevät 4. 2. suoritetussa mittauksessa kolmannesta lehdestä, 7. 2. neljännestä, 11. 2. neljännestä ja viidennestä sekä 14. 2. neljännestä, viidennestä ja kuudennesta lehdestä saatuja lukemia. Ilman keinovaloa kasvaneiden kasvien kohdalla luvut tarkoittavat 4. 2. toisesta, 7. 2. toisesta, kolmannesta ja neljännestä, 11. 2. kolmannesta ja neljännestä sekä 14—15. 2. kolmannesta, neljännestä ja viidennestä saatuja lukemia.

Kahden viikon pituisen koeajan kuluttua olivat keinovaloa saaneet kasvit niissä koejäsenissä (2, 5 ja 6), joissa typen ja kalin määrät olivat likipitäen yhtä suuret, ottaneet runsaammin fosforia kuin yksinomaan päivänvalossa kasvaneet. Milloin joko typpeä tai kalia oli niukasti kasvumullassa (koejäsenet 1 ja 4), keinovalo ei lisännyt fosforinottoa. Toisaalta havaittiin, että keinovalo edistää tomaatintaimien kehitystä vain siinä tapauksessa, että niillä on runsaasti fosforia saatavissa juuristonmuodostusta varten. Näin ollen keinovalosta saatava hyöty on suurin, jos kasvit saavat riittävästi typpeä, kalia ja fosforia ja jos typen ja kalin määrät

ovat likipitäen yhtä suuret. Edelleen ilmeni kokeessa, että ne kasvit, joille koulintamultaan oli annettu NH_4-typpeä (koejäsenet 1, 2 ja 3), ottivat kokeen ensimmäisenä viikkona vähemmän fosforia kuin ne, joiden koulintamultaan oli lisätty vain NO_3-typpeä. Tämä ero oli selvin keinovalossa kasvatetuissa taimissa.

Kalsiumin määrä ja johtoluku

Mullan kalsiumpitoisuuden sekä elekrolyyttiväkevyyden vaikutusta tomaatin taimien fosforinottoon ryhdyttiin Puutarhantutkimuslaitoksella selvittämään, koska tomaateissa, jotka kasvavat mullassa, jota on usean vuoden aikana kalkittu ja lannoitettu, esiintyy toisinaan kasvun hitautta ja selviä fosforinpuutosoireitakin. Koetta varten kylvettiin Ailsa Craig-tomaattia kylvölaatikkoihin 2. 5., taimet koulittiin 13. 5. ja istutettiin 19. 6. 4″:n ruukkuihin, joihin samalla sekoitettiin P^{32}:lla merkittyä $NH_4H_2PO_4$:ää. Kunkin kasvin saamaan annokseen kuului 0.2 mC:tä vastaava määrä radiofosforia sekä lisäksi 0.2 g P_2O_5:tä kantajana (carrier). Valmiste oli samaa kuin edellisessä kokeessa käytetty, niinikään radioaktiivisuuden mittausvälineet ja -menetelmät.

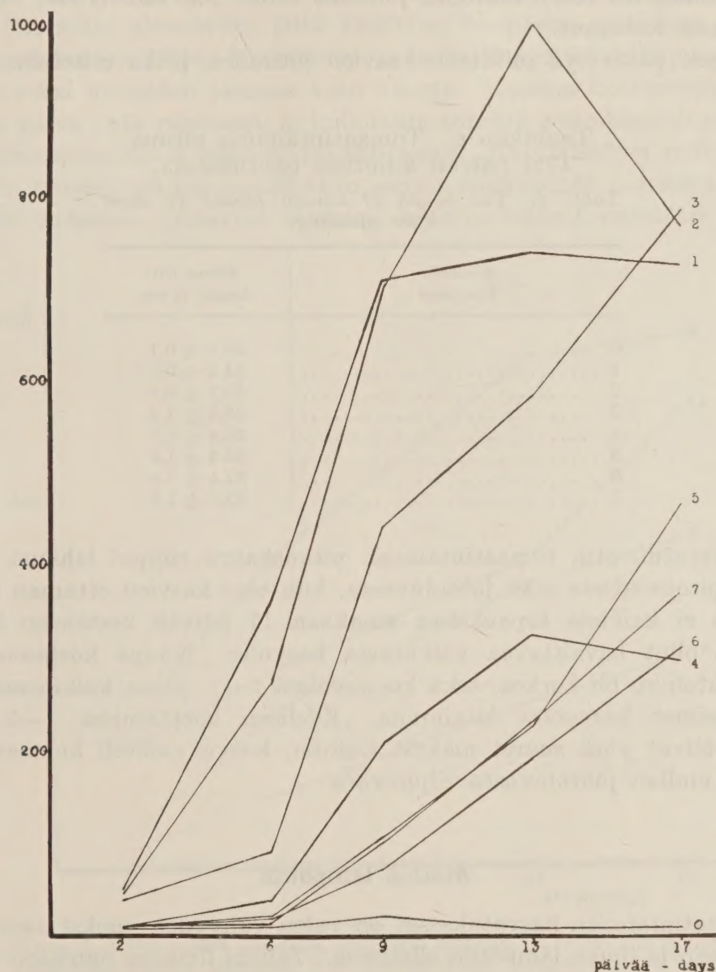
Taulukossa 3 esitetään aineenlisäykset, Turun kemiallisen ja siemen-tarkastuslaitoksen suorittamien multa-analyysien tulokset sekä johtoluvut. Johtoluku määritettiin siten, että multanäyte kuivattiin pitämällä 15 tuntia 105 °C:ssa, hienonnettiin, uutettiin veteen (1 g maata: 5 cm^3 aq. dest.) ja suodatettiin. Ominaisvastus määritettiin 18.5 °C:ssa Philoscope GM 4 249-laitteella, ja johtoluku laskettiin kaavan $1\,000 \times \frac{1}{R}$ mukaan, jossa R on uutoksen ominaisvastus 1 cm:n matkalla.

Taulukko 3. Aineenlisäykset, mullan koostumus, johtoluku ja pH tomaatin P^{32}-kokeessa Piikkiössä.

Table 3. Salt additions, soil analysis, soil conductivity, and pH in the test on P^{32}-uptake of tomato plants at Piikkiö. Psf = superphosphate, K_{40} = 40 % potassium chloride.

Koejäsen *Treatment*	Lisäykset g/kasvi *Additions g./plant*				Mullan koostumus tn/ha *Soil analysis tons/ha*			Johtoluku *Conductivity*	pH
	$Ca(OH)_2$	KNO_3	Na_2SO_4	$(NH_4)_2SO_4$	Psf	K_{40}	$CaCO_3$		
0	0	0	0	0	3.0	1.8	21.4	1.1	6.8
1	0	10	0	0	3.0	3.6	18.4	2.1	6.7
2	0	10	0	10	3.6	4.0	23.6	3.1	6.5
3	0	10	0	30	4.2	9.0	25.4	5.4	6.0
4	30	10	0	0	2.6	3.6	85.2	2.4	8.3
5	30	20	10	0	2.4	6.0	85.7	5.0	8.1
6	60	10	0	0	0.4	3.2	121.3	2.4	8.9
7	90	10	0	0	0.4	2.8	127.3	2.7	9.3

Piirroksessa 1 esitetään P^{32}:n määrät pulsseina minuutissa eri koejäseniin kuuluvien kasvien ylimmissä lehdissä 2:n, 6:n, 9:n, 13:n ja 17:n päivän kuluttua istutuksesta. Mittaustulokset ovat kuudesta kasvista saatujen lukemien keskiarvoja. Käsittelemättömien kasvien (koejäsen 0), joiden kasvumultaan ei lisätty mitään aineita, osoittama aktiivisuus johtuu taustasäteilystä (background) niissä olosuhteissa, joissa radioaktiivisuuden mittaukset suoritettiin. Selostetussa kokeessa oli mullan kalsiumpitoisuudella ratkaiseva vaikutus tomaatintaimien fosforinottoon. Niinpä



Kuva 1. P^{32}:n määrä koejäsenissä 0—7 (taulukko 3) ilmaistuna pulsseina minuutissa.

Fig. 1. The amount of P^{32} in treatments 0 to 7 (table 3) expressed as counts/min.

koejäsenissä 1—3, joissa vaihtuvan kalkin määrä oli 25 tn/ha $CaCO_3$:a, tai sitä pienempi, tomaatintaimet olivat koeajan päättyessä ottaneet keskimäärin 1.9 kertaa enemmän fosforia kuin kasvit, joiden kasvumullan kalkin määrä oli suurempi (koejäsenet 4—7). Sen sijaan eivät ammoniumsulfaatinlisäykset eikä mullan johtoluku näyttäneet vaikuttaneen kasvien ottaman fosforin määrään (koejäsenet 1, 2 ja 3). Vaihtuvan kalkin määrä oli kokeessa kuitenkin jo alunperin huomattavan suuri, minkä vuoksi on mahdollista, että toisenlaisessa mullassa myös johtoluku vaikuttaisi havaittavasti tomaatin fosforinottoon, jollaista esim. Bewley (1950) on tutkimuksissaan todennut.

Kokeen päätyttyä mitattiin kasvien pituudet, jotka esitetään seuraavassa.

Taulukko 4. Tomaatintaimien pituus 17:n päivän kuluttua istutuksesta.

Table 4. The length of tomato plants 17 days after planting.

Koejäsen *Treatment*	Pituus cm *Length in cm.*
0	29.1 ± 0.7
1	34.2 ± 0.5
2	29.3 ± 0.5
3	23.8 ± 1.2
4	32.0 ± 0.6
5	26.2 ± 1.8
6	27.4 ± 1.8
7	25.0 ± 1.6

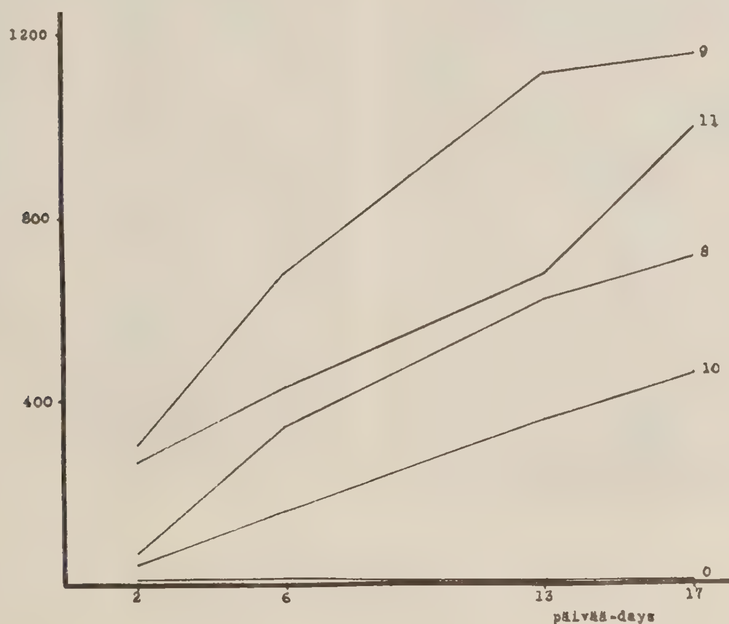
Osoittautui, että tomaatintaimien pituuskasvu riippui lähinnä mullan kalsiumpitoisuudesta sekä johtoluvusta, kun taas kasvien ottaman fosforin määrällä ei kaikissa tapauksissa ainakaan 17 päivää kestäneen koeajan kuluessa ollut havaittavaa vaikutusta kasvuun. Niinpä koejäsenessä 3, jossa johtoluku oli korkea, sekä koejäsenissä 5—7, joissa kalkin määrä oli suuri, taimet kasvoivat hitaimmin. Edelleen koejäsenissä 1—3, joissa kasvit ottivat yhtä suuret määrät fosforia, kasvu vaihteli huomattavasti lähinnä mullan johtoluvusta riippuvana.

Mullan lämpötila

Tomaatintaimien kasvatuksessa on valon vähyyden vuoksi usein syytä pitää maan ja ilman lämpötila alhaisena. Tällöin ilmenee juuriston toiminnan heikkouden seurauksena toisinaan fosforin puutteesta johtuvaa kasvin punertumista. Myös istutuksen jälkeen voi maan lämpötilan alhaisuus olla syynä fosforinpuutokseen ja tästä johtuvaan kasvun heikkouteen.

Kun oli ajateltavissa, että kasvit saisivat fosforia helpommin liuoksena kuin kuivana annetusta lannoitteesta, järjestettiin Puutarhantutkimuslaitoksella v. 1957 koe, jossa tutkittiin veteen liuotetun ja kiinteän P^{32}:n vaikutuksia kylmässä ja lämpimässä mullassa kasvaviin kasveihin.

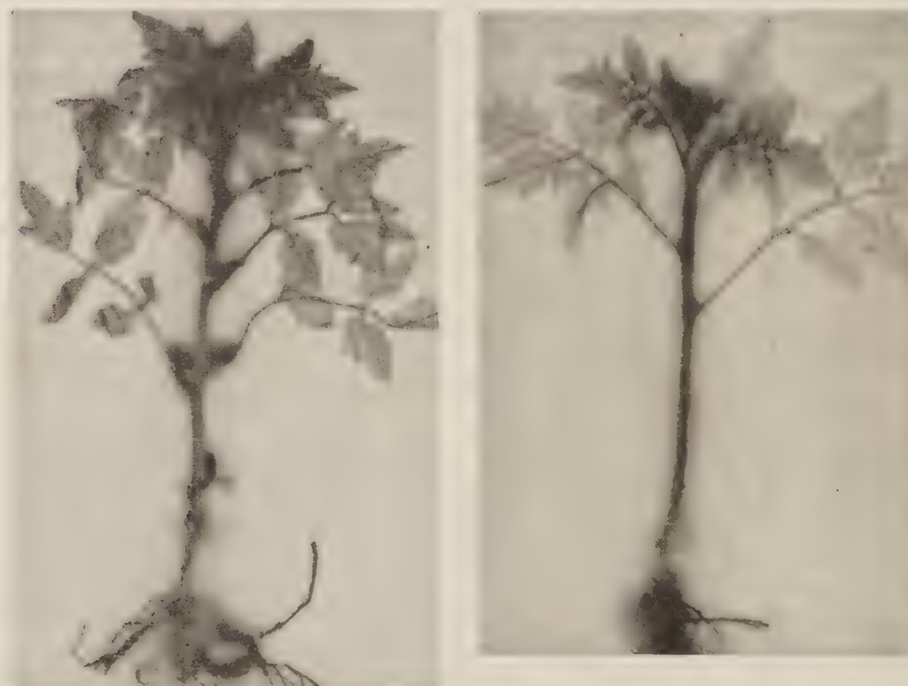
Ailsa-Craig-tomaatin kylvö ja istutus tapahtui samaan aikaan kuin edellisessä kokeessa. P^{32}:lla merkittyä $NH_4H_2PO_4$:ää annettiin kiinteänä ja nestemäisenä 0.2 mC:tä vastaava annos kasvia kohden. Osa kasveja pidettiin kasvihuoneessa, jossa mullan lämpötila kokeen ajan oli 18—22 °C, ja toinen osa taimia oli kasvihuoneen ulkopuolella maakuopassa, missä mullan lämpötila alennettiin jäitä käyttäen 8—10:een asteeseen. Kasvihuonetta ei kokeen aikana lämmitetty, ja ilman lämpötila siellä pysyi tuuletuksen vuoksi likipitäen samana kuin ulkona. Kaikkia koekasveja kasteltiin joka päivä yhtä runsaasti, ja kulloinkin annettu vesimäärä oli sellainen, että huuhtoutumista ei päässyt tapahtumaan. Kasvinlehtien radioaktiivisuus sekä kasvien pituus määritettiin samaa menetelmää noudattaen kuin edellisessä kokeessa. Kasvien ottaman fosforin määrät esitetään piirroksessa 2.



Kuva 2. P^{32}:n määrä tomaatin ylimmissä lehdissä. 8 = lämmin multa, radiofosfori annettu kiinteänä, 9 = lämmin multa, lannoite annettu liuoksena, 10 = kylmä multa, kiinteä lannoite, 11 = kylmä multa, lannoiteliuos.
Fig. 2. The amount of P^{32} in the upper leaves of tomato. 8 = warm (18—22 °C) soil, radiophosphorus applied as dry salt, 9 = warm soil, phosphorus applied as a solution, 10 = cold (8—10 °C) soil, dry salt, 11 = cold soil, solution.

Kokeen päättyessä mitattu kasvien pituus oli seuraava.

Käsittely *Treatment*	Taimien pituus cm *Length of the plants in cm.*
Lämmin multa, kuiva lannoite .... *Warm soil, dry fertilizer*	37.2 ± 0.9
Lämmin multa, lannoiteliuos .... *Warm soil, dissolved fertilizer*	37.5 ± 1.6
Kylmä multa, kuiva lannoite .... *Cold soil, dry fertilizer*	16.8 ± 1.2
Kylmä multa, lannoiteliuos .... *Cold soil, dissolved fertilizer*	18.6 ± 0.8



Kuva 3. Autoradiogrammit koejäseniin 3 (vas.) ja 10 kuuluvista tomaatintaimista (vrt. kuvat 1 ja 2). Orig.
Fig. 3. Autoradiographs of tomato plants of treatments 3 (left) and 10 (cf. Figures 1 and 2). Orig.

Tulosten mukaan olivat lämpimässä mullassa kasvaneet kasvit noin kaksi kertaa pitempiä kuin kylmässä kasvaneet, eikä kasvu lämpimässä mullassa riippunut siitä, minkä muotoisena fosforilannoite annettiin. Kylmässä mullassa sen sijaan olivat ne kasvit hieman pitempiä, joille fosfori-

lannoite oli annettu liuoksena. Suoritettujen mittausten mukaan oli lämpimässä mullassa kasvaneiden ja lannoiteliuosta saaneiden kasvien ylimmissä lehdissä 1.5-kertainen fosforimäärä verrattuna kiinteän lannoitteen saaneisiin kasveihin. Kylmässä mullassa sen sijaan kasvit ottivat fosforia lannoiteliuoksesta 2.2-kertaisen määrän verrattuna kuivasta fosfaattilannoitteesta otettuun. Tämän mukaan voi veteen liuotettu fosfaattilannoite edistää kasvien fosforin ottoa ja siten niiden kasvua ja kehitystä silloin, kun mullan lämpötila on 12—15°:ta alhaisempi. Yli 15-asteisessa mullassa taas liuoksena annettu fosfaatti tuskin on tomaatin ravinnonottoa silmällä pitäen edullisempaa kuin kuivana annettu fosfaattilannoite. Tämän seikan tutkimiseksi järjestettiin myös avomaan tomaatilla vuosina 1954—1956 lannoiteliuoskokeita.

Kokeet lannoiteliuoksilla

Lannoiteliuoksia on eri maissa kokeiltu kasvien istutuksen yhteydessä joko tavanomaisen peruslannoituksen asemesta taikka sen ohella. HEWITT ja STANTON (1946) tutkivat istutuskuoppaan annetun liuoksen sekä kuivana levitetyn lannoiteseoksen, joiden koostumus oli sama, vaikutusta kukkakaalin ja tomaatin satoon. Lannoiteseoksessa oli yhtä paljon N:ää, P_2O_5:tä ja K_2O:ta, 8 % kutakin. Lannoiteliuoksen ja kuivalannoitteen saaneilla sekä lannoittamattomilla ruuduilla oli tällöin tomaattisato ensimmäisessä korjuussa 7.3, 6.0 ja 5.3 sekä toisessa vastaavasti 32.5, 28.0 ja 25.4 kg koeruutua kohti. Siten liuoksena annettu lannoiteseos lisäsi tomaatin hedelmäsatoa enemmän, kuin kuivana levitetty. NYLUNDin (1948) suorittamissa kokeissa edisti fosforia runsaasti sisältävä lannoiteliuos peruslannoituksen ohella tomaatin kasvua ja sadon kypsymistä. Kokeitten perusteella tämä tutkija kehottaa tomaatin istutuksen yhteydessä käyttämään seosta 11—32—14, jota liuotetaan 60 g litraan vettä. Näin saatua liuosta kaadetaan 1 desilitra joka taimen istutuskuoppaan.

Kokeissa vuosina 1954—1956 valmistettiin mainittua 11—32—14-seosta liuottamalla litraan vettä 6.4 g Nks:ää, 23.4 g Psf:ää ja 3.5 g K_{50}:tä. Liuosta annettiin 1 desilitra kuhunkin istutuskuoppaan ja vertailuruuduissa samaten 1 desilitra vettä. Kokeista määritettiin sekä aikainen, kolmen ensimmäisen korjuuviikon aikana saatu että kokonaissato.

Lannoiteliuoksen saaneet kasvit pysyivät istutuksen tapahduttua tummanvihreinä, kun sen sijaan kontrollitainten väri vaaleni ja kasvu pysähtyi istutuksen johdosta palautuen normaaliksi vasta 2 viikon kuluttua istutuksesta, 3.—4. päivinä elokuuta.

Vuonna 1955 oli lajikkeena Vollendung ja v. 1956 Bonner Beste. Kokeet näinä vuosina järjestettiin samalla tavalla kuin edellä selostettu.

Taulukko 5. Lannoiteliuoskoe Tikkurilassa v. 1954. Lajike Tanskan vienti. 4 kerrannetta, kussakin 6 tainta. Istutus 18. 6. Peruslannoitus 8 kg/a Puutarhan Y-lannoitetta (sis. 8 % N, 7 % P_2O_5 ja 14 % K_2O).

Table 5. Test on starter solution at Tikkurila in 1954. Variety Danish export, four replicates, six plants in each. Planting 18. 6. Broadcast fertilization 8 kg/are using a 8—7.5—14-mixture.

Koejäsen *Treatment*	1. 9. mennessä korjattu sato *Yield up to September 1.*		Kokonaissato *Total yield*	
	kg/aari *kg./are*	kg/taimi *kg./plant*	kg/aari *kg./are*	kg/taimi *kg./plant*
Lannoiteliuos — *Starter*	66.2	0.23	205.7	0.72
Kontrolli — *Check*	44.8	0.16	134.3	0.47

Taulukko 6. Kokeet lannoiteliuoksella 11—32—14 Piikkiössä. Istutus v. 1955 14. 6. ja v. 1956 13. 6. Kerranteita 4, kussakin 10 tainta.

Table 6. Tests on starter solution 11—32—14 at Piikkiö. Planting on June 14 in 1955, on June 13 in 1956. Four replicates, ten plants in each.

Koejäsen *Treatment*	Sato 15. 9. mennessä *Yield up to September 15*		Kokonaissato *Total yield*		Hedelmien keskipaino *Mean weight of fruits* g
	kg/aari *kg./are*	kg/kasvi *kg./plant*	kg/aari *kg./are*	kg/kasvi *kg./plant*	
1955					
Lannoiteliuos — *Starter*	180.0	0.63	237.8	0.83	48
Kontrolli — *Check*	167.1	0.59	225.0	0.79	47
	Sato 1. 9. mennessä *Yield up to September 1*		F = 18.40 ***	Merk. ero *Sign. diff.* = 0.8	
1956					
Lannoiteliuos — *Starter*	130.3	0.46	302.8	1.06	64
Kontrolli — *Check*	131.7	0.46	295.5	1.03	73
			F = 0.13	Merk. ero *Sign. diff.* = 41.7	

Sää tomaatin istutusta seuraavina kahtena viikkona oli Tikkurilassa v. 1954 tavallista kylmempi. Kesäkuun kahden viimeisen viikon alin lämpötila oli —0.9° ja kuun 25.—31. päivinä sattui kolea kausi, jolloin lisäksi satoi runsaasti. Samoin Piikkiössä, jossa lannoiteliuoskokeita suoritettiin vv. 1955—56, oli v. 1955 kesäkuun 16.—25. päivinä kylmä kausi, ja alin lämpötila silloin 1.4°. Vuonna 1956 sitä vastoin oli kesäkuu normaalia lämpimämpi ja vuorokauden keskilämmöt kuun 15. päivän jälkeen jatkuvasti yli 10°. Kuukauden alin lämpötila oli 6.4°. Kokeissa vuosina 1954 ja 1955 saatiin lannoiteliuoksilla käsitellyiltä koeruuduilta enemmän satoa kuin kontrolliruuduilta, joissa tomaatintaimille annettiin istutuksen yhteydessä vain vettä. Aikaisen sadon lisäys vuonna 1954 oli 22.6 kg/a ja

kokonaissadon lisäys 71.4 kg/a. Vastaavat luvut vuonna 1955 olivat 12.9 ja 12.8. Vuonna 1956 sen sijaan ei istutuksen yhteydessä annetusta lannoiteliuoksesta koitunut sadonlisäystä. Kokeiden perusteella on tomaatintaimien alkukehityksen sekä sadon kannalta eduksi käsitellä taimet istutuksen yhteydessä runsaasti fosfaattia sisältävällä lannoiteliuoksella, jos istutusta seuraavina 2—3 viikkona säät ovat viileät. Jos sen sijaan istutus tapahtuu lämpimänä aikana, ei lannoiteliuoksesta ole hyötyä. Tämä voidaankin selittää aikaisemmin sivulla 9 selostetun kokeen perusteella, jossa kylmässä maassa kasvaneet tomaatintaimet ottivat fosforia runsaammin fosfaattilannoiteliuoksesta kuin kuivana annetusta lannoitteesta. Maan lämpötilan ollessa yli 15° oli ero tässä suhteessa sen sijaan varsin pieni.

Tomaatintaimien typenotto

Sivulla 4 selostetussa kokeessa oli tomaatintaimien fosforin otto runsaampaa silloin, kun ne koulintamullassa olivat saaneet kaiken typen NO_3-typpenä, kuin silloin, kun typpeä oli annettu lisäksi NH_4-muodossa. Tämän vuoksi oli syytä ryhtyä selvittämään, miten tomaatintaimet kehittyvät erikseen NO_3- ja NH_4-typpeä saadessaan. Myös aikaisemmin on eri maissa tutkittu erilaisten typpilannoitteiden soveltuvuutta tomaatille. Van der Kloes (1953) kokeili eri muodossa maahan annetun typpilannoituksen vaikutusta tomaatin kasvuun ja totesi ne lannoitteet edullisimmiksi, jotka alentavat maan pH:ta. Bewley (1950) suositteli tomaatille kalkkisalpietaria, kun taas Campbell (1950) ja Katsnelson (1950) päätyivät siihen, että ammoniumpitoiset lannoitteet edistävät kasvua ja hedelmien kypsymistä paremmin kuin muut typpilannoitteet.

Menetelmät. Nitrifikaation vaikutuksen vähentämiseksi koe suoritettiin käyttämällä nesteviljelytekniikkaa. Kasvit saavat siinä tarvitsemansa ravinteet ja veden liuoksesta, jossa juuret joutuvat olemaan tai jota niille annetaan ajoittain kasteluna. Viimeksi mainitussa tapauksessa juuret kiinnittyvät soraan, tiilimurskaan, sammaleen tms. Kokeet tomaatilla järjestettiin Puutarhantutkimuslaitoksella v. 1956 nestealtaissa, jotka tehtiin verhoamalla kasvihuoneen laidalliset sementtipöydät muovilla. Kunkin altaan tilavuus oli 500 litraa. Altaiden päällä oli puuristikko ja siinä 5 cm:n kerros rahkasammalta, johon kasvit istutettiin. Juuret tunkeutuivat ristikon läpi liuokseen, jota tuuletettiin joka päivä pumppuamalla ilmaa altaan pohjaan kiinnitetyn, rei'itetyn muoviletkun kautta. Kylvö tapahtui kylvölaatikkoihin 30. 7. ja istutus altaisiin 20. 8. Kussakin altaassa oli 8 tainta ja lajikkeena N. F.:s tidlig busk. Ravinneliuokset olivat seuraavat (g/1 000 l vettä).

	A	B	C
$MgSO_4$	65	130	65
$Ca(H_2PO_4)_2$	155	155	310
$CaSO_4$	760	760	760
K_2SO_4	—	508	—
KCl	—	400	—
KNO_3	1 100	—	1 100
$NaNO_3$	—	—	175
$(NH_4)_2SO_4$	140	855	—
$FeSO_4$	5	5	5
$MnSO_4$	3	3	3
$CuSO_4$	0.1	0.1	0.1
$ZnSO_4$	0.5	0.5	0.5
H_3BO_3	1.5	1.5	1.5

Liuoksiin käytetyn vesijohtoveden koostumus oli Maantutkimuslaitoksen suorittaman analyysin mukaan seuraava: Ca 4.2, Mg 5.0, Fe 0.04, Cl 82.0, CO_3 19.2 ja SO_3 2.3 mg/l. Liuos A, joka laadittiin WITHROWin, BIEBELin ja EASTWOODin (1943) esittämän kaavan mukaan, sisältää NO_3-typpeä 140 mg/l ja NH_4-typpeä 28 mg/l. Liuoksissa B ja C oli vastaava määrä kokonaistyppeä, edellisessä yksinomaan NH_4-, jälkimmäisessä NO_3-muodossa. C:ssä oli lisäksi fosforin (P) määrä muihin verrattuna kaksinkertainen ja B:ssä samaten magnesiumin. Typen, fosforin ja kalin määrät tutkittiin kolorimetrisesti kerran viikossa Maatalouslaboratorio Oy:n «kenttälaboratoriota» käyttäen ja siten todetut vajaukset täydennettiin ravinteenlisäyksillä. Liuoksia ei koeaikana vaihdettu, mutta vettä lisättiin vähenneen nesteen tilalle. Nesteen pH mitattiin joka toinen päivä ja se pidettiin 5.5—6.5:nä lisäämällä tarpeen mukaan H_2SO_4:ää tai NaOH:ta.

Tulokset. Kahden viikon kuluttua istutuksesta (3. 9.) tehtyjen havaintojen mukaan oli tomaatin kasvu hitainta B-liuoksessa. 16 päivää myöhemmin olivat kasvit B-altaassa väriltään vaaleat ja kasvu näytti siinä kokonaan pysähtyneen. Kasvien väri oli silmävaraisen arvion mukaan paras C-altaassa, jossa kaikki typpi oli annettu nitraattina. A:ssa kasvit olivat C-altaan kasvien kokoisia, mutta lehtien väri oli A:ssa vaaleampi kuin C:ssä. Kukinta alkoi 21. 9. samanaikaisesti kaikissa koejäsenissä. Myöhäisen vuodenajan vuoksi ei tomaatista saatu hedelmäsatoa. Kokeen päättyessä 3. 10. punnittiin kasveista sen sijaan maanpäälliset osat ja juuret.

Ammoniumtyppeä saaneet tomaatintaimet kasvoivat heikosti ja niissä ilmeni selvää typenpuutetta. Myös liuoksessa A, jossa osa typpeä oli annettu ammoniumtyppenä ja jossa vihersato oli yhtä suuri kuin C:ssä, kasvien väri pysyi kokeen loppuun saakka vaalean vihreänä. Tämä viittaa joko typenpuutteeseen tahi suoranaiseen ammoniumionin haitalliseen vaikutukseen.

Taulukko 7. Varsien ja juurien painot kasvia kohden tomaatin nesteviljelykokeessa v. 1956.

Table 7. The weight of vines and roots per plant in the test on water culture of tomato in 1956.

Liuos (siv. 13) *Solution (page 13)*	Varret ja lehdet *Vines* g	Juuret *Roots* g
A	274.4 ± 22.1	98.1 ± 11.8
B	94.4 ± 17.3	24.4 ± 3.2
C	287.5 ± 25.3	86.9 ± 11.5

Tulosten tarkastelu

Tomaatintaimien fosforinottoa selvittävissä kokeissa käytettiin lannoitteena P^{32}:lla merkittyä $NH_4H_2PO_4$:ää. Kasvien ottaman fosforin määristä tehtiin johtopäätökset lehdissä todetun aktiivisuuden perusteella. Kun mullassa P^{32}:n lisäksi oli myös stabiilia P^{31}:tä, jota kasvit niinikään ottivat kokeen aikana, heräsi kysymys, ottavatko eri koejäseniin kuuluvat kasvit samassa suhteessa P^{31}:tä ja P^{32}:ta. Kysymystä ovat pohtineet myös mm. Russell, Tukey ja Wittwer (1956), jotka osittain muiden suorittamiin tutkimuksiin nojautuen päätyivät siihen, että kasvien ottaman P^{31}:n ja P^{32}:n määriin voi P^{32}:n säteily vain silloin vaikuttaa, kun aktiivista isotooppia ei ole tasaisesti sekoitettu multaan. Nyt suoritetuissa kokeissa sekoitettiin P^{32}:lla merkitty $NH_4H_2PO_4$ sekä kuivana että liuoksena multaan e n n e n i s t u t u s t a, jolloin saatiin aikaan aineen tasainen sekoittuminen. Näin ollen voidaan katsoa, että geiger-laskijalla selostetuissa kokeissa todetut pulssiluvut suhtautuvat toisiinsa kuten kasvien ottaman kokonaisfosforin määrät saman kokeen eri koejäsenissä. Koska P^{32}:n puoliintumisaika on 14.3 vuorokautta, ei kokeita radiofosforilla ole syytä jatkaa 2 viikkoa kauemmin. Jo 17 vuorokauden kuluttua kokeen aloittamisesta saadut mittaustulokset osoittautuivat epävarmoiksi. Ne esitetään piirroksissa kuitenkin havainnollisuuden vuoksi.

Selostettujen kokeiden mukaan riippuu tomaatintaimien kasvu ja kehitys sekä niiden fosforinotto ratkaisevasti maan vaihtuvan kalkin määrästä ja lämpötilasta. Runsas elektrolyyttipitoisuus ei siihen näytä vaikuttavan, mutta hidastaa kyllä muista syistä kasvien kehitystä. Heikon juuristotoiminnan ja fosfaattien liukenemisen hitauden takia on kylmässä maassa kasvaville tomaateille edullisinta antaa peruslannoituksen lisäksi fosfaattilannoitetta liuoksena. Lämpimässä (yli 15 °C) maassa kasvavat kasvit sen sijaan ottavat fosforia likipitäen yhtä paljon kuivana kuin liuoksena annetusta lannoitteesta, eikä lannoiteliuoksen käyttö tällöin sanottavasti edistä tomaatin juurtumista eikä kasvua. Kasvien fosforin ottoa

säätelee, kuten myös mm. LUNDEGÅRDH (1945) on todennut, typpiravinnon laatu. Selostettujen kokeiden mukaan vähentää koulintamullassa oleva runsas ammoniumtyppi istutusta seuraavana viikkona tomaatintaimien fosforinottoa, ja istutuksen jälkeen on pelkkää ammoniumtyppeä saaneiden kasvien kasvu heikkoa joko typen- ja fosforin puutteen taikka ammoniumionin suoranaisen myrkkyvaikutuksen vuoksi. Tästä syystä on ajateltavissa, että tomaatti ottaa typen pääasiassa nitraattina ja että ammoniumtyppi muuttuu maassa nitraattitypeksi, ennen kuin tomaatintaimet pystyvät sitä käyttämään hyväkseen. Milloin nitrifikaatiota ei riittävässä määrin tapahdu, voi kasvi kasvaa sen vuoksi normaalisti ainoastaan silloin, kun sille annetaan tarpeellinen määrä typpeä nitraatteina. Ammoniumsulfaattia sisältävillä lannoitteilla voi kuitenkin olla merkitystä tomaatinviljelyssä maan pH:ta alentavina aineina, mutta myös muilla lannoitteilla sekä happamilla maanparannusaineilla voidaan tarvittaessa lisätä maan happamuutta.

Yhteenveto

Tomaatintaimien fosforinottoa vähentää koulintamullassa oleva NH_4-typpi sekä maassa oleva runsas vaihtuvan kalkin määrä. Mullan korkea johtoluku ei estä fosforinottoa, mutta ehkäisee tomaatintaimien kasvua.

Kylmässä maassa kasvaessaan ei tomaatti ota riittävästi fosforia, jos lannoite on levitetty kuivana. Istutuksen yhteydessä annettu lannoiteliuos edistää siitä syystä taimien alkukehitystä sekä satoisuutta. Lämpimässä (yli 15 °C) maassa kasvavan tomaatin kasvua ei lannoiteliuos näytä hyödyttävän.

Nesteviljelyssä on ammoniumtyppi tomaatin kasvulle epäedullista ja se aiheuttaa kasville normaalia vaaleamman värin. Tätä ei ilmeisesti nitrifikaation vuoksi ilmene mullassa kasvavissa kasveissa.

Ammoniumsulfaattia sisältävistä lannoitteista on kuitenkin hyötyä silloin, kun maan pH:ta on alennettava.

Kirjallisuutta

BEWLEY, W. F. 1950. Commercial glasshouse crops. 509 p. London.

CAMPBELL, J. A. 1950. Anhydrous ammonia as a source of nitrogen for cabbage, tomatoes, and beans. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56: 253—256.

COWIE, G. A. 1949. Nutrient excesses in soil. Fruit Grower 1949: 189.

HEWITT, E. J. & STANTON, W. R. 1946. Placement experiments in the use of fertilizers. Ann. Rep. Hort. Res. Sta. Long Ashton 1946: 43—49.

JOHANNESSON, J. K. 1951. Magnesium deficiency in tomato leaves. New Zealand Jour. Sci. 33: 52—57.

KATSNELSON, S. M. 1950. Action of various forms of fertilizers on tomato vegetation. Ref. Soils and Fertilizers 14: 176.

LUNDEGÅRDH, H. 1945. Die Blattanalyse. 164 S. Jena.

NYLUND, R. E. 1948. Starter solutions give vegetables extra boost. Minn. Farm and Home Sci. 5: 2—3.

OWEN, O. 1950. First tomato feed is critical. The Grower 34: 517-521.

RUSSELL, R. S., TUKEY, H. B. & WITTWER, S. H. 1956. The use of radioactive isotopes in the study of plant nutrition. Progress in nuclear energy, ser. VI. Biological Sciences I: 87—114. London.

STOTTER, S. P. 1949. The liquid feeding of tomatoes. The Grower 31: 200—201.

VAN DER KLOES, L. J. J. 1953. De bemesting van tomaten. Meded. Dir. van Tuinbouw 16: 151—168.

WITHROW, R. B., BIEBEL, J. P. & EASTWOOD, T. M. 1943. Nutrient solution culture of greenhouse crops. Purdue Univ. Agr. Exp. Sta. Circ. 277: 1—27.

---

3 7773—57/2,42

Summary:

On the phosphorus and nitrogen requirements of young tomato plants

J. E. Hårdh

Agricultural Research Centre, Department of Horticulture, Piikkiö, Finland

In test on the phosphorus uptake of young tomato plants, variety Ailsa Craig, $NH_4H_2PO_4$ labeled with P^{32} was used. The uptake of phosphorus was stimulated by artificial illumination, given by 80 watt fluorescent tubes. When the amounts of nitrogen and potassium in the soil were sufficient and about equal, marked differences could be detected between the phosphorus content of the illuminated plants and that of the non-illuminated plants (Table 2). NH_4-nitrogen in the pricking out soil diminished the phosphorus uptake of tomato plants during the first seven days and reduced the effect of illumination.

In a second test (Table 3, fig. 1) the influence of the calcium content of the soil on the phosphorus uptake was distinctive. A rising soil conductivity (electrolyte concentration) did not alter the phosphorus uptake. The growth of the plants was mainly induced by the calcium content and by the conductivity of the soil (Table 4), but was not in conformity with the P-uptake.

The phosphorus content and the growth of tomato plants were most dependent on the soil temperature. Plants growing in a soil with a temperature of 18—22 °C received 1.5 times more phosphorus when this was applied as a solution than from a dry fertilizer, whilst the ratio in a cold soil (8—10 °C) was 2.2 (Fig. 2). In a soil with low temperature the growth of plants receiving phosphate as a dry fertilizer (page 00), was lower than the growth of the plants receiving a phosphate solution, a difference being absent in the warm soil (temperature above 15° C).

Starter solution 11—32—14 increased the early and total yield of outdoor tomato (Table 5 and 6) in 1954 and 1955, the two weeks after planting being cold in those years, whereas in 1956 no benefit from the use of starter could be detected. In 1956 the planting time, at the end of June, was warmer than normal.

As indicated before, ammonium nitrogen lowered the phosphorus uptake of tomato plants. In order to diminize changes of nitrogen through nitrification, the water culture method was used in a test to examine the influence of NH_4 and NO_3 nitrogen on the growth of tomato. Eight plants of the variety N. F.: s tidlig busk were grown in each of the solutions A, B and C (page 00). The best growth (Table 7) was produced in the solution C, containing only NO_3 nitrogen, the growth in A being equal, but the colour of plants being a paler green than in C. In the solution B, where all the nitrogen was in NH_4 form, the plants suffered from nitrogen deficiency and the growth was extremely poor. It was concluded that NH_4 nitrogen is mainly an unfavourable form of nutrient for tomato, and it is turned into nitrate form in the soil before taken up by tomato.

This publication is to be had abroad from the Library of the Agricultural Research Centre, Tikkurila, Finland.